

## Verfahren zur Drehzahl-Regelung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Drehzahl-Regelung einer Brennkraftmaschinen-Generator-Einheit nach dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Eine als Generatorantrieb vorgesehene Brennkraftmaschine wird vom Hersteller üblicherweise an den Endkunden ohne Kupplung und Generator ausgeliefert. Die Kupplung und der Generator werden erst beim Endkunden montiert. Um eine konstante Nennfrequenz zur Strom-Einspeisung in das Netz zu gewährleisten, wird die Brennkraftmaschine in einem Drehzahl-Regelkreis betrieben. Hierbei wird die Drehzahl der Kurbelwelle als Regelgröße erfasst und mit einer Soll-Drehzahl, der Führungsgröße, verglichen. Die daraus resultierende Regelabweichung wird über einen Drehzahl-Regler in eine Stellgröße für die Brennkraftmaschine, beispielsweise eine Soll-Einspritzmenge, gewandelt.

Da dem Hersteller vor Auslieferung der Brennkraftmaschine oft keine gesicherten Daten über die Kupplungseigenschaften und das Generator-Trägheitsmoment vorliegen, wird das elektronische Steuergerät mit einem robusten Regler-Parametersatz, dem sogenannten Standard-Parametersatz, ausgeliefert. Bei einem Drehzahl-Regelkreis besteht ein Problem darin, dass Drehschwingungen, die der Regelgröße überlagert sind, vom Drehzahl-Regler verstärkt werden können. Besonders kritisch sind die von der Brennkraftmaschine verursachten niederfrequenten Schwingungen, beispielsweise die Drehschwingungen 0.5-ter und 1-ter Ordnung. Beim Starten der Brennkraftmaschinen-Generator-Einheit können die Amplituden der Drehschwingungen durch die Verstärkung des Drehzahl-Reglers so groß werden,

dass eine Grenzdrehzahl überschritten und die Brennkraftmaschine abgestellt wird.

Dem Problem der Instabilität wird durch ein Drehzahl-Filter im Rückkopplungszweig des Drehzahl-Regelkreises begegnet. Als weitere Maßnahme werden die Regler-Parameter des Drehzahl-Reglers verändert, also der Proportional-, Integral- oder Differenzial-Anteil. Ein derartiges Verfahren zur Umschaltung des Filters sowie ein Verfahren zur Adaption der Regler-Parameter wird beispielweise in der nicht vorveröffentlichten DE 102 21 681.9 aufgezeigt. Problematisch ist, dass diese Maßnahmen erst dann wirksam werden, wenn bereits ein instabiles Verhalten der Brennkraftmaschinen-Generator-Einheit vorliegt und detektiert wird.

In dem oben genannten Standardparametersatz ist für den Startvorgang eine Drehzahl-Hochlauframpe bzw. deren Steigung abgelegt. Um einen möglichst raschen Hochlauf zu ermöglichen, wird dieser Parameter auf einen großen Wert eingestellt, z. B. 550 Umdrehungen/Sekunde. Bei einem Generator mit einem großen Trägheitsmoment kann sich eine große Abweichung zwischen der Soll-Hochlauframpe und der Ist-Hochlauframpe ergeben. Diese Regelabweichung der Ist-Drehzahl zur Soll-Drehzahl bewirkt einen signifikanten Anstieg der Soll-Einspritzmenge. Bei einer Diesel-Brennkraftmaschine mit einem Common-Rail-Einspritzsystem begünstigt der signifikante Anstieg der Soll-Einspritzmenge die Schwarzrauchbildung. Der signifikante Anstieg der Soll-Einspritzmenge bewirkt zusätzlich eine nicht optimale Ermittlung des Einspritzbeginns und des Soll-Raildrucks, da beide Größen aus der Soll-Einspritzmenge errechnet werden. Für den Hersteller der Brennkraftmaschine bedeutet dies, dass ein Servicetechniker vor Ort die Hochlauframpe an die Gegebenheiten anpassen muss. Dies ist zeitaufwendig und teuer.

Dem Problem eines hohen Abstimmaufwands wird durch ein Verfahren gemäß der nicht vorveröffentlichten DE 102 52 399.1 begegnet. Während des Startvorgangs wird aus der Ist-Drehzahl eine Ist-Hochlauframpe bestimmt. Danach wird diese als Soll-Hochlauframpe gesetzt. Dieses Verfahren hat sich in der Praxis bewährt, wobei jedoch die optimale Soll-Hochlauframpe erst ab dem zweiten Startvorgang wirksam wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde den Startvorgang einer Brennkraftmaschinen-Generator-Einheit zu verbessern.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale von Anspruch 1 gelöst. Die Ausgestaltungen hierzu sind in den Unteransprüchen dargestellt.

Die Erfindung sieht vor, dass eine Zeitspanne ermittelt wird, welche die Ist-Drehzahl zum Durchlaufen eines Drehzahl-Bereichs benötigt. Der Drehzahl-Bereich liegt unterhalb der Start-Drehzahl, welche in der Praxis z. B. 600 Umdrehungen beträgt. Der Drehzahl-Bereich ist durch einen Grenzwert und die Start-Drehzahl definiert. Der Grenzwert wiederum wird in der Praxis geringfügig höher als die Anlasser-Drehzahl gewählt, z. B. 300 Umdrehungen. In Abhängigkeit der gemessenen Zeitspanne werden dann die Hochlauframpe und die Regler-Parameter des Drehzahl-Reglers ausgewählt. Die charakterisierenden Kenngrößen werden also prädiktiv bestimmt. Hierzu sind entsprechende Kennlinien vorgesehen.

Durch die Erfindung wird bewirkt, dass jeder Motorstart mit der optimalen Hochlauframpe erfolgt. Veränderte Umgebungsbedingungen werden mitberücksichtigt, z. B. die Kühlwassertemperatur. Bekanntermaßen benötigt eine kalte Brennkraftmaschine eine etwas flachere Hochlauframpe. Bereits mit Erreichen der Start-Drehzahl sind die optimalen Regler-

Parameter bestimmt. Die Start-Drehzahl entspricht in der Praxis z. B. 600 Umdrehungen und charakterisiert den Start der Hochlauframpe. Durch die Erfindung wird ein stabiler Motorbetrieb bereits beim Hochlauf gewährleistet. Instabilitäten werden für den gesamten Betrieb wirksam verhindert.

Zur Erhöhung der Sicherheit der Brennkraftmaschinen-Generator-Einheit ist eine Fehlerüberwachung vorgesehen. Hierbei wird die Zeitspanne mit einem Grenzwert verglichen. Eine zu große Zeitspanne deutet darauf hin, dass z. B. ein zu geringer Kraftstoffdruck im Einspritzsystem vorhanden ist. Als Folgereaktion ist vorgesehen, dass mit Setzen des Fehlers ein Diagnoseeintrag erfolgt und ein Notstopp aktiviert wird.

In den Zeichnungen ist ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel dargestellt.

Es zeigen:

- Fig. 1 ein Systemschaubild;
- Fig. 2 ein Blockschaltbild;
- Fig. 3 ein Zeitdiagramm (Stand der Technik);
- Fig. 4 ein Zeitdiagramm (Erfindung);
- Fig. 5 ein Blockschaltbild;
- Fig. 6 einen Programmablaufplan.

Die Figur 1 zeigt ein Systemschaubild des Gesamtsystems einer Brennkraftmaschinen-Generator-Einheit 1. Eine Brennkraftmaschine 2 treibt über eine Welle mit einem Übertragungsglied 3 einen Generator 4 an. In der Praxis kann das Übertragungsglied 3 eine Kupplung enthalten. Bei der dargestellten Brennkraftmaschine 2 wird der Kraftstoff über ein Common-Rail-System eingespritzt. Dieses umfasst folgende Komponenten: Pumpen 7 mit Saugdrossel zur Förderung des

Kraftstoffs aus einem Kraftstofftank 6, ein Rail 8 zum Speichern des Kraftstoffs und Injektoren 10 zum Einspritzen des Kraftstoffs aus dem Rail 8 in die Brennräume der Brennkraftmaschine 2.

Die Betriebsweise der Brennkraftmaschine 2 wird durch ein elektronisches Steuergerät (EDC) 5 geregelt. Das elektronische Steuergerät 5 beinhaltet die üblichen Bestandteile eines Mikrocomputersystems, beispielsweise einen Mikroprozessor, I/O-Bausteine, Puffer und Speicherbausteine (EEPROM, RAM). In den Speicherbausteinen sind die für den Betrieb der Brennkraftmaschine 2 relevanten Betriebsdaten in Kennfeldern/Kennlinien appliziert. Über diese berechnet das elektronische Steuergerät 5 aus den Eingangsgrößen die Ausgangsgrößen. In Figur 1 sind exemplarisch folgende Eingangsgrößen dargestellt: ein Ist-Raildruck  $p_{CR}(IST)$ , der mittels eines Rail-Drucksensors 9 gemessen wird, ein Ist-Drehzahl-Signal  $n_M(IST)$  der Brennkraftmaschine 2, eine Eingangsgröße E und ein Signal START zur Start-Vorgabe. Die Start-Vorgabe wird durch den Betreiber aktiviert. Unter der Eingangsgröße E sind beispielsweise der Ladeluftdruck eines Turboladers und die Temperaturen der Kühl-/Schmiermittel und des Kraftstoffs subsumiert.

In Figur 1 sind als Ausgangsgrößen des elektronischen Steuergeräts 5 ein Signal ADV zur Steuerung der Pumpen 7 mit Saugdrossel und eine Ausgangsgröße A dargestellt. Die Ausgangsgröße A steht stellvertretend für die weiteren Stellsignale zur Steuerung und Regelung der Brennkraftmaschine 2, beispielsweise den Einspritzbeginn SB und die Einspritzdauer SD.

In Figur 2 ist ein Blockschaltbild zur Berechnung des Einspritzbeginns SB, des Soll-Raildrucks  $p_{CR}(SW)$  und der

Einspritzdauer SD dargestellt. Aus der Ist-Drehzahl  $nM(IST)$  der Brennkraftmaschine und der Soll-Drehzahl  $nM(SW)$  berechnet ein Drehzahl-Regler 11 eine Soll-Einspritzmenge  $QSW1$ . Diese wird über eine Begrenzung 12 auf einen maximalen Wert begrenzt. Die Ausgangsgröße, entsprechend der Soll-Einspritzmenge  $QSW$ , stellt die Eingangsgröße der Kennfelder 13 bis 15 dar. Über das Kennfeld 13 wird in Abhängigkeit der Soll-Einspritzmenge  $QSW$  und der Ist-Drehzahl  $nM(IST)$  der Einspritzbeginn  $SB$  berechnet. Über das Kennfeld 14 wird in Abhängigkeit der Soll-Einspritzmenge  $QSW$  und der Ist-Drehzahl  $nM(IST)$  der Soll-Raildruck  $pCR(SW)$  berechnet. Über das Kennfeld 15 wird in Abhängigkeit der Soll-Einspritzmenge  $QSW$  und des Ist-Raildrucks  $pCR(IST)$  die Einspritzdauer  $SD$  bestimmt.

Aus dem Blockschaltbild wird deutlich, dass eine lang andauernde große Regelabweichung zu einem signifikanten Anstieg der Soll-Einspritzmenge  $QSW1$  führt. Dieser signifikante Anstieg wird durch die Begrenzung 12 auf einen maximalen Wert begrenzt. Dieser maximale Wert der Soll-Einspritzmenge  $QSW$  bewirkt wiederum, dass ein nicht optimaler Einspritzbeginn  $SB$  und ein nicht optimaler Soll-Raildruck  $pCR(SW)$ , der Soll-Einspritzdruck, berechnet werden. Die Soll-Einspritzmenge  $QSW$  steht stellvertretend für ein leistungsbestimmendes Signal  $QP$ . Im Sinne der Erfindung kann unter einem leistungsbestimmenden Signal  $QP$  auch ein Soll-Regelstangenweg oder ein Soll-Moment verstanden werden.

Die Figur 3 zeigt den Startvorgang für eine Brennkraftmaschinen-Generator-Einheit gemäß dem Stand der Technik. Auf der Abszisse ist hierbei die Zeit aufgetragen. Auf der Ordinate ist die Drehzahl  $nM$  der Brennkraftmaschine aufgetragen. Als durchgezogene Linie  $nM(IST1)$  ist der Startvorgang mit einem Generator, der ein kleines

Trägheitsmoment aufweist, dargestellt. Als durchgezogene Linie  $nM(IST2)$  ist der Startvorgang für dieselbe Brennkraftmaschine mit einem Generator, der ein großes Trägheitsmoment aufweist, dargestellt. Als gestrichelte Linie ist die Soll-Drehzahl  $nM(SW)$  dargestellt, also die Führungsgröße des Drehzahl-Regelkreises. Die Gerade mit den Punkten AB entspricht hierbei der Hochlauframpe HLR1. Die Gerade zwischen den Punkten C und D entspricht der Hochlauframpe HLR2. Bei dem vorliegenden Beispiel ist die Steigung Phi beider Hochlauframpen identisch, z. B. 550 Umdrehungen/Sekunde.

Der Startvorgang für eine Brennkraftmaschinen-Generator-Einheit anhand der Linie  $nM(IST1)$  läuft folgendermaßen ab:

Nach Drücken der Starttaste spurt der Anlasser ein und die Brennkraftmaschine beginnt sich zu drehen. Diese steigt zunächst bis auf eine Anlasser-Drehzahl  $nAN$ , z. B. 120 Umdrehungen. Mit Beenden des Synchronisierungsvorgangs wird Kraftstoff in die Brennräume eingespritzt. Ein erster Zeitpunkt  $t1$  wird gesetzt, wenn die Ist-Drehzahl  $nM(IST1)$  einen Grenzwert  $GW$  übersteigt, z. B. 300 Umdrehungen. Gleichzeitig wird der Anlasser deaktiviert, sodass er ausspurt. Aufgrund der Einspritzung erhöht sich die Ist-Drehzahl  $nM(IST1)$  bis diese die Start-Drehzahl  $nST$  übersteigt. Mit Überschreiten der Start-Drehzahl  $nST$  wird ein zweiter Zeitpunkt  $t2$  gesetzt. Die zu kleine Steigung der Hochlauframpe HLR1 bewirkt, dass die Ist-Drehzahl  $nM(IST1)$  im Falle eines Generators mit sehr kleinem Trägheitsmoment zunächst deutlich über die Hochlauframpe überschwingt, sich dann auf die Hochlauframpe HLR1 einpendelt und auf die Nenn-Drehzahl  $nNN$  hochläuft. Die Nenn-Drehzahl  $nNN$  wird im Punkt B erreicht, Zeitpunkt  $t4$ . Im Punkt B schwingt die Ist-Drehzahl  $nM(IST1)$  über die Soll-Drehzahl  $nM(SW)$  hinaus.

Aus dem Verlauf der Ist-Drehzahl  $n_M(IST1)$  lässt sich ableiten, dass die Brennkraftmaschine auch mit einer etwas steileren Hochlauframpe als die Hochlauframpe HLR1 betrieben werden könnte. Dies würde die Hochlaufzeit, entsprechend dem Zeitraum  $t_2/t_4$ , verkürzen. Eine schnellere Hochlauframpe wird vor allem dann benötigt, wenn die Brennkraftmaschine ohne Generator gestartet wird. Der Generator wird dann erst nach Erreichen der Nenn-Drehzahl  $n_{NN}$  z. B. mittels eines Freilaufs angekuppelt. Bei einer derartigen Anwendung ist ein schnellstmöglicher Hochlauf erwünscht, da ein Drehspeicher bei Schnellbereitschafts-Aggregaten nur für eine begrenzte Zeit Energie zur Verfügung stellen kann.

Bei Verwendung eines Generators mit einem großen Trägheitsmoment verläuft die Ist-Drehzahl entsprechend der durchgezogenen Linie  $n_M(IST2)$ . Mit Erreichen der Start-Drehzahl  $n_{ST}$  im Punkt C beginnt die Hochlauframpe HLR2 zu laufen, Zeitpunkt  $t_3$ . Aufgrund des großen Trägheitsmoments verläuft die Ist-Drehzahl  $n_M(IST2)$  jedoch unterhalb der Hochlauframpe HLR 2. Dies führt zu einem starken Ansteigen der Einspritzmenge und damit zur Schwarzrauchbildung. Zur Vermeidung der Schwarzrauchbildung ist es in diesem Fall also erforderlich eine Hochlauframpe mit einer geringeren Steigung zu verwenden.

In Figur 4 ist ein Startvorgang für eine Brennkraftmaschinen-Generator-Einheit gemäß der Erfindung dargestellt. Als gestrichelte Linie ist die Soll-Drehzahl  $n_M(SW)$  eingezeichnet. Deren Verlauf einschließlich der Hochlauframpen zwischen den Punkten AB bzw. CD ist identisch mit dem Verlauf der Figur 3. Die weitere Erläuterung erfolgt in Verbindung mit der Figur 5.

Der Verlauf der Ist-Drehzahl  $nM(IST1)$  ist bis zum Zeitpunkt  $t2$  identisch mit dem Verlauf der Figur 3. Überschreitet die Ist-Drehzahl  $nM(IST1)$  den Grenzwert  $GW$ , so wird der erste Zeitpunkt  $t1$  gesetzt. Im Punkt A übersteigt die Ist-Drehzahl  $nM(IST1)$  die Start-Drehzahl  $nST$ . Es wird der Zeitpunkt  $t2$  gesetzt. Aus der Differenz der beiden Zeitpunkte  $t1/t2$  wird eine Zeitspanne  $dt$  ermittelt. Diese Zeitspanne  $dt$  wird maßgeblich vom Trägheitsmoment des verwendeten Generators bestimmt. In Abhängigkeit der Zeitspanne  $dt$  wird über eine Kennlinie 16 (siehe Figur 5) eine Hochlauframpe bestimmt. Die Kennlinie 16 ist in der Form ausgeführt, dass eine kurze Zeitspanne  $dt$  eine Hochlauframpe mit einer großen Steigung  $Phil$  festlegt. In Figur 4 verläuft die Ist-Drehzahl  $nM(IST1)$  infolge dessen entlang der neuen Hochlauframpe  $HLR3$  mit den Punkten AE. Diese zeigt gegenüber der Hochlauframpe  $HLR1$  mit den Punkten AB eine deutlich größere Steigung.

Ebenfalls in Abhängigkeit der gemessenen Zeitspanne  $dt$  werden die Regler-Parameter des Drehzahl-Reglers über entsprechende Kennlinien 17, 18 (siehe Figur 5) ausgewählt. Über die Kennlinie 17 wird der Zeitspanne  $dt$  eine Nachstellzeit  $TN$  zugewiesen. Die Kennlinie 17 ist in der Form ausgeführt, dass einer langen Zeitspanne  $dt$  eine große Nachstellzeit  $TN$  zugeordnet wird. Generatoren mit einem großen Trägheitsmoment benötigen eine größere Nachstellzeit  $TN$  als Generatoren mit einem kleinen Trägheitsmoment. Über die Kennlinie 18 wird der gemessenen Zeitspanne  $dt$  ein Proportional-Beiwert  $kp$  zugeordnet. Die Kennlinie 18 ist in der Form ausgeführt, dass einer langen Zeitspanne  $dt$  ein großer Proportional-Beiwert  $kp$  zugeordnet wird. Generatoren mit einem großen Trägheitsmoment können aufgrund der besseren Dämpfung mit einem größeren Proportional-Beiwert  $kp$  betrieben werden als Generatoren mit einem kleinen Trägheitsmoment.

Für die Ist-Drehzahl  $nM(IST2)$ , entsprechend einer Brennkraftmaschinen-Generator-Anordnung mit einem großen Trägheitsmoment des Generators, ist die Zeitspanne  $dt2$  entsprechend dem Zeitraum  $t1/t3$ , größer. Hieraus resultiert eine Hochlauframpe HLR4, Punkte CF, mit einer deutlich geringeren Steigung  $\Phi2$  als die Hochlauframpe HLR2 der Figur 3.

In Figur 6 ist ein Programmablaufplan der Erfindung dargestellt. Bei S1 wird geprüft, ob die Ist-Drehzahl  $nM(IST)$  größer als der Grenzwert  $GW$  ist. Ist dies nicht der Fall, so wird mit S2 eine Warteschleife durchlaufen. Hat die Ist-Drehzahl  $nM(IST)$  den Grenzwert  $GW$  bereits überschritten, so wird bei S3 der erste Zeitpunkt  $t1$  gesetzt. Mit S4 wird geprüft, ob die Ist-Drehzahl  $nM(IST)$  größer als die Start-Drehzahl  $nST$  ist. Ist dies noch nicht der Fall, so wird mit S5 eine Warteschleife durchlaufen. Mit Überschreiten der Start-Drehzahl  $nST$  wird bei S6 der zweite Zeitpunkt  $t2$  gesetzt. Danach wird bei S7 die Zeitspanne  $dt$  aus der Differenz der beiden Zeitpunkte  $t1/t2$  berechnet. Bei S8 erfolgt eine Fehlerabfrage indem geprüft wird, ob die Zeitspanne  $dt$  kleiner einem Grenzwert  $dtGW$  ist. Ist die Zeitspanne  $dt$  größer oder gleich als der zulässige Grenzwert  $dtGW$ , so wird bei S9 ein Diagnoseeintrag vorgenommen und ein Notstopp ausgelöst. Ergibt die Abfrage bei S8, dass die Zeitspanne  $dt$  im zulässigen Bereich liegt, so wird bei S10 in Abhängigkeit der Zeitspanne  $dt$  die Hochlauframpe HLR, die Nachstellzeit  $TN$  und der Proportional-Beiwert  $kp$  ermittelt. Damit ist der Programmablaufplan beendet.

- In Figur 6 ist die Warteschleife S5 mit den Bezugssymbolen S5a, S5b und S5c näher ausgeführt. Nach S4 wird bei S5a eine Differenz  $dtR$  vom aktuellen Zeitpunkt  $t$  zum Zeitpunkt  $t1$  gebildet. In der Abfrage S5b wird geprüft, ob die Differenz

dtR kleiner als ein Grenzwert dtGW ist. Ist dies der Fall, so wird zum Punkt A verzweigt. Der Programmablauf wird dann wie zuvor beschrieben mit S4 fortgesetzt. Wird bei S5b festgestellt, dass der Grenzwert dtGW erreicht oder überschritten wird, so wird bei S5c ein Diagnoseeintrag vorgenommen und ein Notstopp ausgelöst.

Aus der vorherigen Beschreibung ergeben sich für die Erfindung folgende Vorteile:

- Die Brennkraftmaschine führt jeden Startvorgang mit der optimalen Hochlauframpe durch. Dabei werden veränderte Umgebungsbedingungen berücksichtigt.
- Bereits mit Erreichen der Start-Drehzahl nST werden die optimalen Drehzahl-Regler-Parameter bestimmt. Dadurch ist ein stabiler Betrieb bereits beim Hochlauf gewährleistet. Instabilitäten können damit für den gesamten Betrieb ausgeschlossen werden.
- Probleme beim Start durch z. B. zu geringen Kraftstoffvordruck werden durch eine Fehlermeldung angezeigt und die Brennkraftmaschine durch einen Notstopp geschützt.
- Wird an ein und derselben Brennkraftmaschine ein anderer Generator angekuppelt, so wird dies beim Start erkannt und die zugehörigen optimalen Parameter ermittelt.

## Bezugszeichen

- 1 Brennkraftmaschinen-Generator-Einheit
- 2 Brennkraftmaschine
- 3 Übertragungsglied
- 4 Generator
- 5 Elektronisches Steuergerät (EDC)
- 6 Kraftstofftank
- 7 Pumpen
- 8 Rail
- 9 Rail-Drucksensor
- 10 Injektoren
- 11 Drehzahl-Regler
- 12 Begrenzung
- 13 Kennfeld zur Berechnung des Einspritzbeginns
- 14 Kennfeld zur Berechnung des Einspritzdrucks
- 15 Kennfeld zur Berechnung der Einspritzdauer
- 16 Kennlinie zur Berechnung der Hochlauframpe
- 17 Kennlinie zur Berechnung der Nachstellzeit
- 18 Kennlinie zur Berechnung des Proportional-Beiwerts

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Drehzahl-Regelung einer Brennkraftmaschinen-Generator-Einheit (1) während eines Startvorgangs, bei welchem eine Soll-Drehzahl ( $nM(SW)$ ) über eine Hochlauframpe (HLR) vorgegeben wird, welche mit einer Start-Drehzahl ( $nST$ ) beginnt und mit einer Nenn-Drehzahl ( $nNN$ ) endet, aus einem Soll-Ist-Vergleich der Drehzahlen ( $nM(SW)$ ,  $nM(IST)$ ) eine Regelabweichung bestimmt wird und aus der Regelabweichung mittels eines Drehzahl-Reglers (11) ein leistungsbestimmendes Signal (QP) zur Regelung der Ist-Drehzahl ( $nM(IST)$ ) berechnet wird,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass ein erster Zeitpunkt ( $t1$ ) gesetzt wird, wenn die Ist-Drehzahl ( $nM(IST)$ ) einen Grenzwert (GW) übersteigt ( $nM(IST) > GW$ ), ein zweiter Zeitpunkt ( $t2$ ) gesetzt wird, wenn die Ist-Drehzahl ( $nM(IST)$ ) die Start-Drehzahl ( $nST$ ) übersteigt ( $nM(IST) > nST$ ), eine Zeitspanne (dt) aus der Differenz der beiden Zeitpunkte ( $t1$ ,  $t2$ ) berechnet wird und in Abhängigkeit der Zeitspanne (dt) die Hochlauframpe (HLR) und Regler-Parameter des Drehzahl-Reglers (11) ausgewählt werden.
2. Verfahren zur Drehzahl-Regelung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass aus der Zeitspanne (dt) die Hochlauframpe (HLR) über eine erste Kennlinie (16) und die Regler-Parameter über weitere Kennlinien (17, 18) bestimmt werden.

3. Verfahren zur Drehzahl-Regelung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Regler-Parameter einer Nachstellzeit (TN) und einem Proportional-Beiwert (kp) entsprechen.
4. Verfahren zur Drehzahl-Regelung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass über die weiteren Kennlinien (17, 18) einer langen Zeitspanne (dt) eine lange Nachstellzeit (TN) und ein großer Proportional-Beiwert (kp) zugeordnet wird.
5. Verfahren zur Drehzahl-Regelung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass einer langen Zeitspanne (dt) eine Hochlauframpe (HLR) mit geringer Steigung (Phi) zugeordnet wird.
6. Verfahren zur Drehzahl-Regelung nach einem der vorausgegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Fehler gesetzt wird, wenn die Zeitspanne (dt) einen Grenzwert (dtGW) erreicht oder übersteigt ( $dt \geq dtGW$ ).
7. Verfahren zur Drehzahl-Regelung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Zeitspanne (dtR) vom aktuellen Zeitpunkt (t) zum ersten Zeitpunkt (t1) bestimmt wird ( $dtR = t - t1$ ) und ein Fehler gesetzt wird, wenn die Zeitspanne (dtR) einen Grenzwert (dtGW) erreicht oder übersteigt ( $dtR \geq dtGW$ ).
8. Verfahren zur Drehzahl-Regelung nach Anspruch 6 oder Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet,

dass mit Setzen des Fehlers ein Diagnoseeintrag erfolgt und ein Notstopp aktiviert wird.

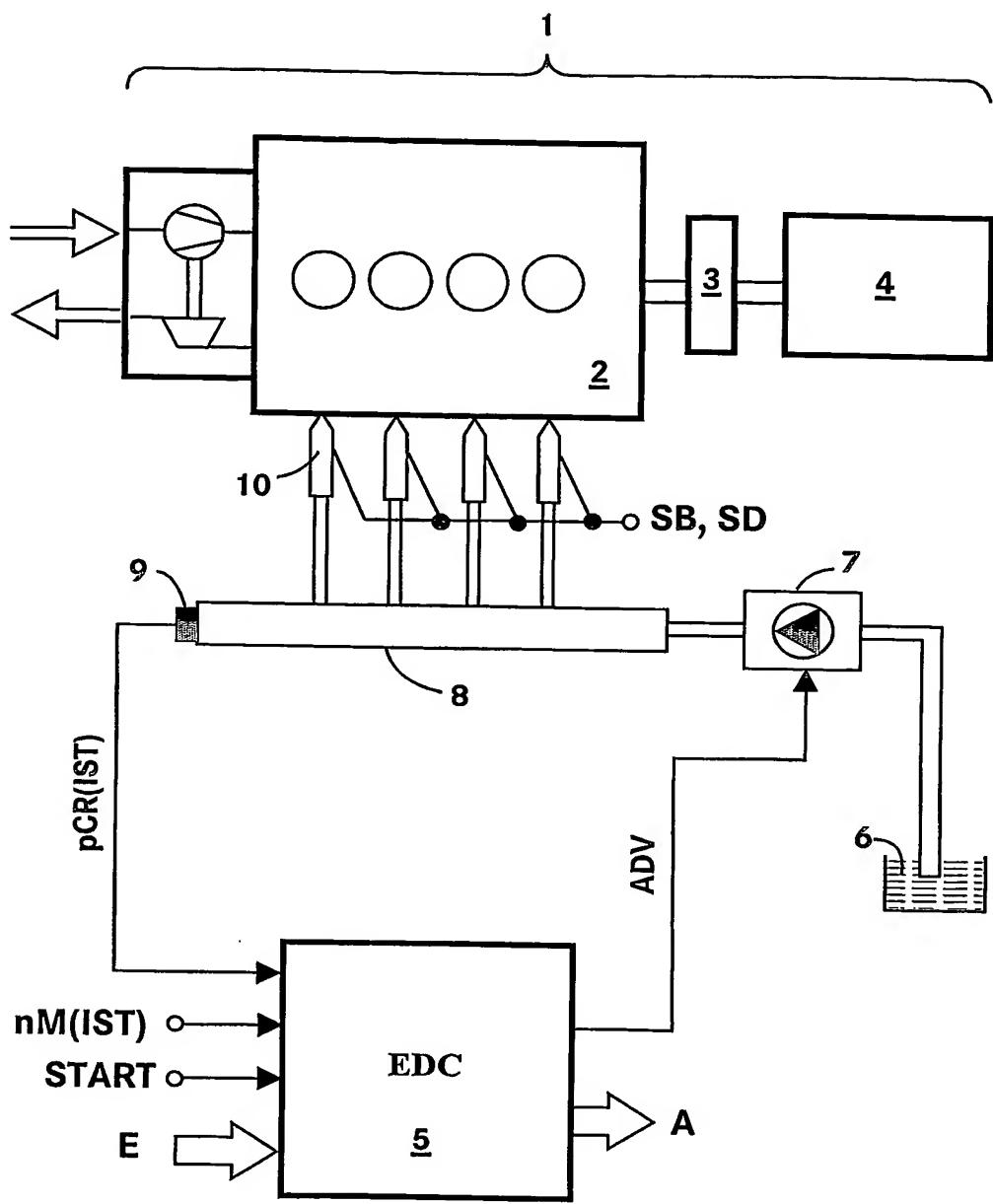


Fig. 1

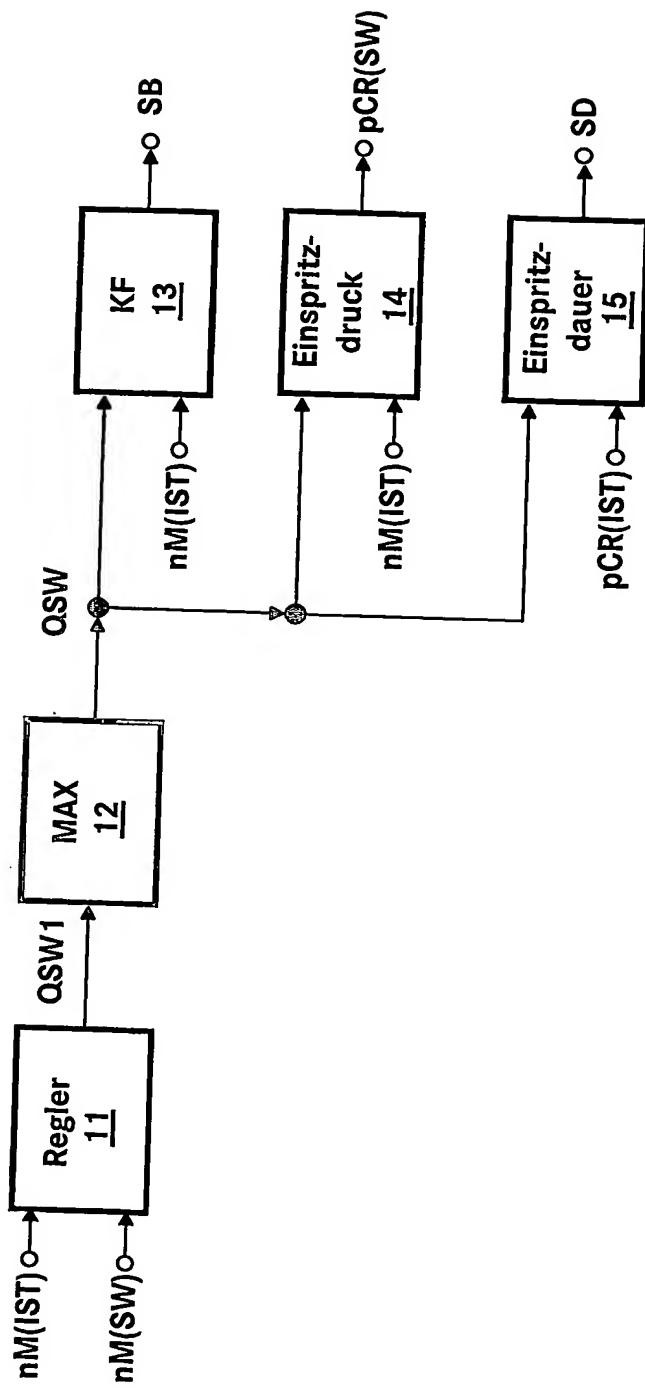


Fig. 2

3 / 5

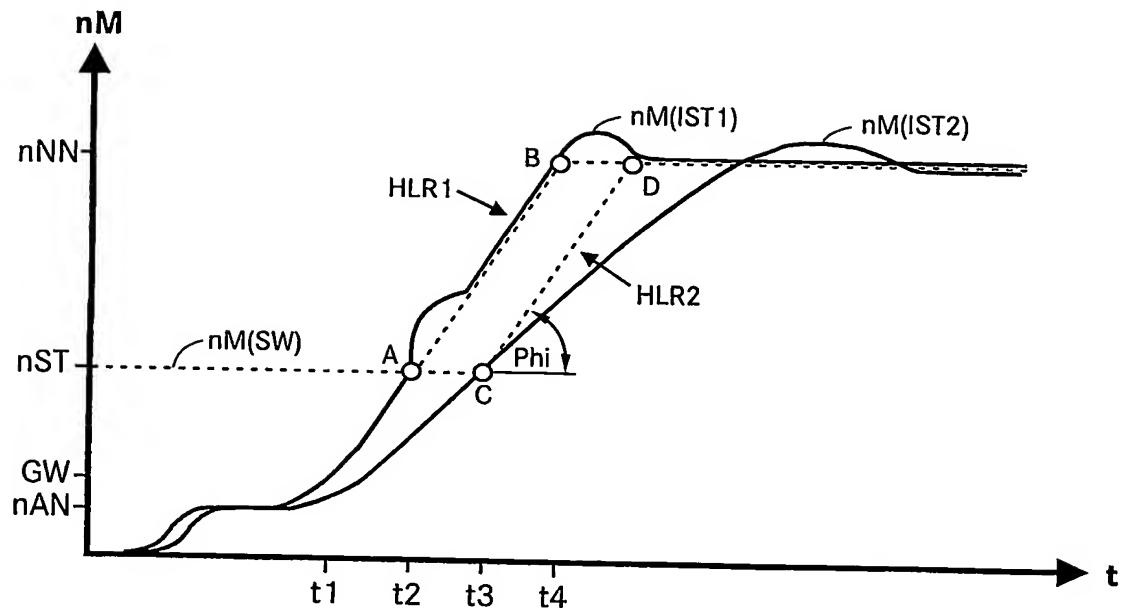


Fig. 3

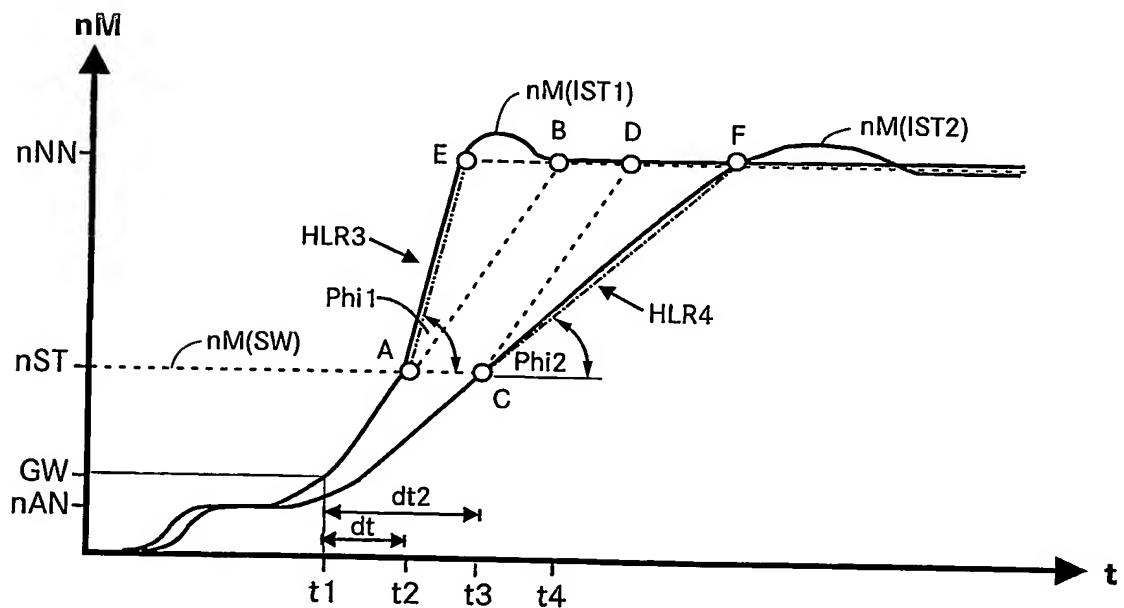


Fig. 4

4 / 5

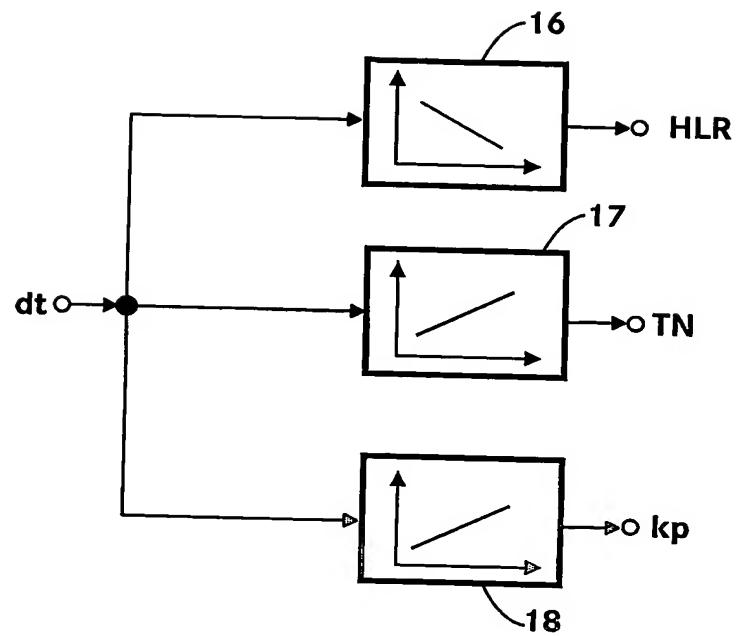


Fig. 5

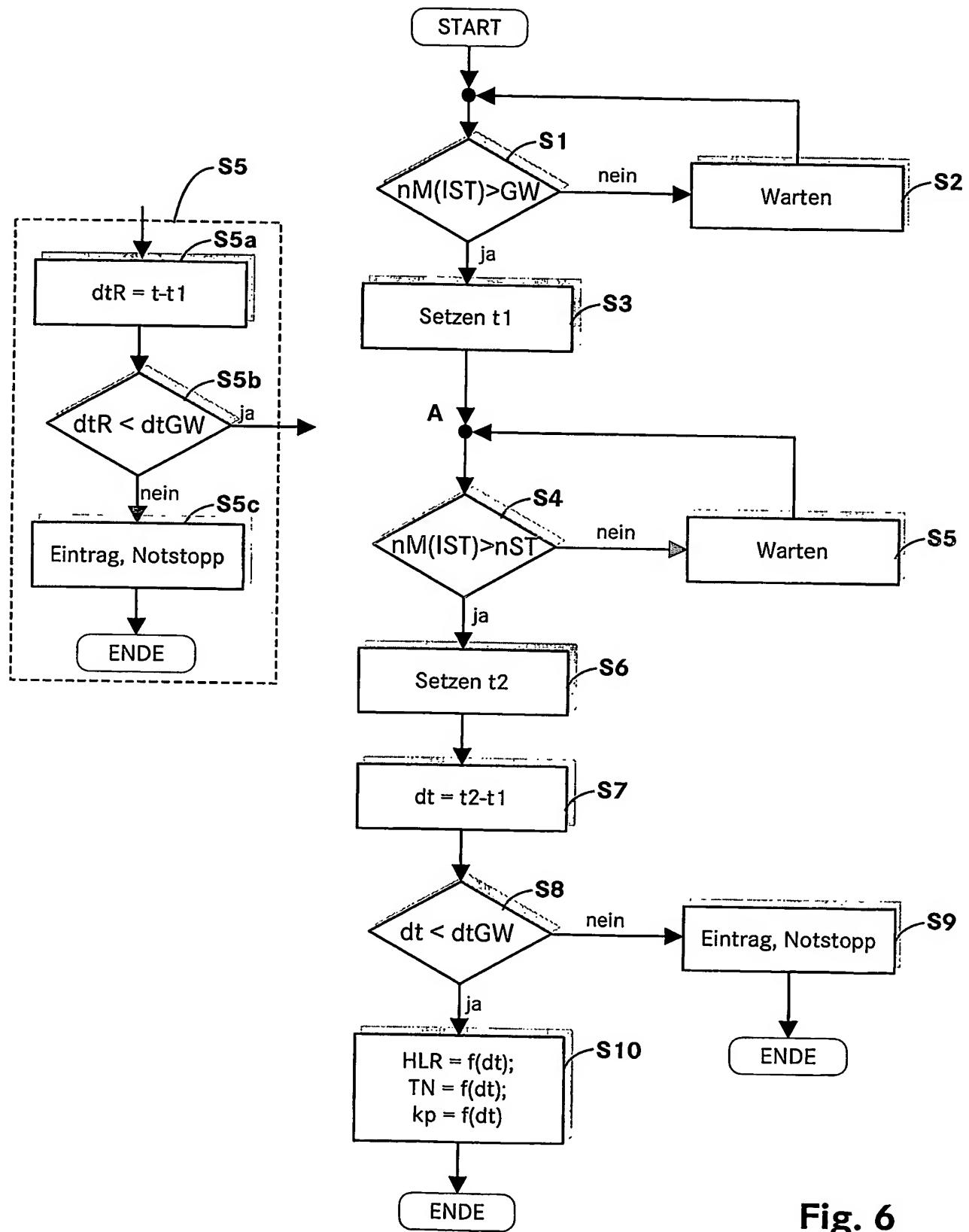


Fig. 6

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/003620

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 F02D31/00 F02D41/06 F02D41/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category <sup>o</sup>	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 366 049 B1 (CHEN LI ET AL) 2 April 2002 (2002-04-02) the whole document -----	1-8
P, A	WO 03/098793 A (DOELKER ARMIN ; MOTOREN TURBINEN UNION (DE)) 27 November 2003 (2003-11-27) cited in the application the whole document -----	1-8
A	US 5 613 474 A (NAKAMURA TADAO ET AL) 25 March 1997 (1997-03-25) the whole document -----	1-8

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

<sup>o</sup> Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 July 2004

Date of mailing of the international search report

30/07/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Nicolás, C

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

## Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/003620

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 6366049	B1	02-04-2002	NONE			
WO 03098793	A	27-11-2003	DE WO	10221681 A1 03098793 A1	27-11-2003 27-11-2003	
US 5613474	A	25-03-1997	JP JP GB WO	3340202 B2 7054692 A 2295907 A , B 9505536 A1	05-11-2002 28-02-1995 12-06-1996 23-02-1995	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/003620

A. KLASSEIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 F02D31/00 F02D41/06 F02D41/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)  
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 366 049 B1 (CHEN LI ET AL) 2. April 2002 (2002-04-02) das ganze Dokument	1-8
P, A	WO 03/098793 A (DOELKER ARMIN ; MOTOREN TURBINEN UNION (DE)) 27. November 2003 (2003-11-27) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-8
A	US 5 613 474 A (NAKAMURA TADAO ET AL) 25. März 1997 (1997-03-25) das ganze Dokument	1-8

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*'A' Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*'E' älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*'L' Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*'O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*'P' Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- \*'T' Spätere Veröffentlichung, die nach dem Internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*'X' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*'Y' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*'&' Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche  23. Juli 2004	Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts  30/07/2004
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Nicolás, C

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/003620

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 6366049	B1	02-04-2002	KEINE			
WO 03098793	A	27-11-2003	DE WO	10221681 A1 03098793 A1	27-11-2003 27-11-2003	
US 5613474	A	25-03-1997	JP JP GB WO	3340202 B2 7054692 A 2295907 A ,B 9505536 A1	05-11-2002 28-02-1995 12-06-1996 23-02-1995	